

コンピュータの評価と展望

大 原 荘 司

目 次

- 第1章 はじめに
- 第2章 コンピュータの評価法
- 第3章 コンピュータの比較
- 第4章 まとめと展望
- 第5章 謝辞
- 第6章 文献

第1章 は じ め に

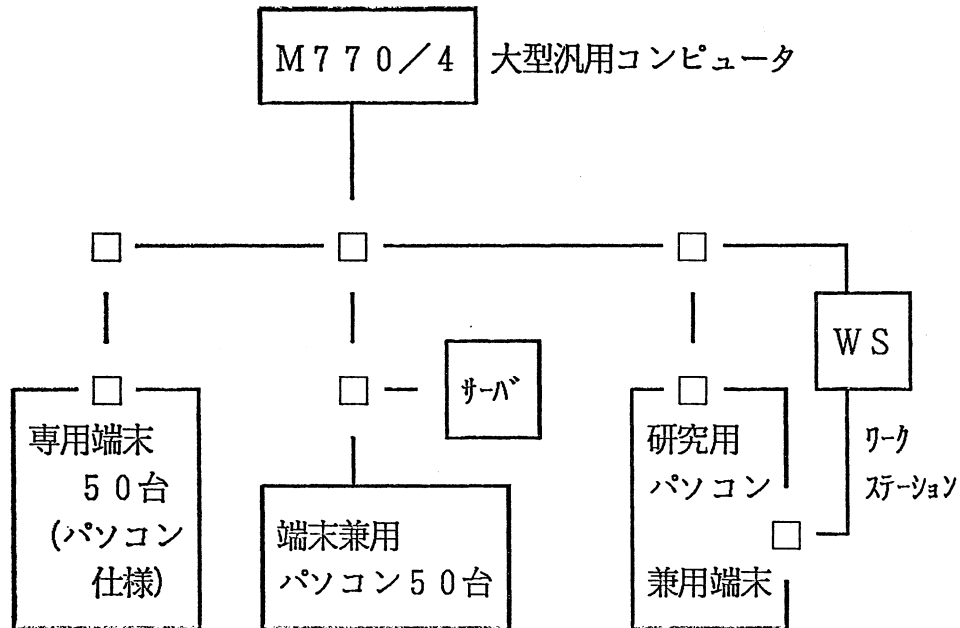
教育研究用コンピュータシステムは現在、ハードウェアとオペレーティングシステム（管理用基本ソフト）及びソフトウェアの様々な規模と組合せで実用に供されている。

ハードウェア構成だけで分類すれば、汎用コンピュータ（メインフレーム）或いはミニコンピュータをホストコンピュータとして、端末にパソコンなどを装備した集中システムと、複数のワークステーション或いはパーソナルコンピュータをネットワークで結んだ分散システムに分けられる。いずれもその教育研究目的によって規模やソフトウェア構成はさまざまである。

本学情報処理教育センターには、あらたに大型汎用コンピュータ（富士通製M770/4）を中心としたシステムが導入された。本システムは、集中システムであると同時に端末としてパーソナルコンピュータを装備し、パソコン間で別途ネットワークが構築された分散システムも含んでいる。またワークステーションも装備しており、現在一般に教育研究用に多用されている3種類のコンピュータ、即ち汎用コンピュータ、ワークステーション、パーソナルコンピュータがいずれもが含まれ、それぞれLAN（ローカルエリアネットワーク）で結ばれるシステムとなっている。図1にシステムの概略構成図を示す。

近年のプロセサ、及びメモリ素子の高密度化設計技術や実装技術の開発サイクルは素早い。コストパフォーマンスのドラマチックな改良により、現在のデスクトップ型ワークステーションは、10年前一部屋を占有した汎用コンピュータの主力機以上の性能を持っている。今日、その諸能力の接近のために、これら3種のコンピュータを適材適所で分類することは、困難になりつつある。産業用コンピュータの市場では、一応の棲み分けができています。メカニカルな制御を伴わないオンライン情報システムでは汎用コンピュータが、生産や検査工程などメカニ

図1 情報処理教育センターシステム概略構成図



カルな制御を含む場合はワークステーションやパーソナルコンピュータが多く採用されている。

一方、教育研究用コンピュータの場合はこの棲み分けが難しくなっているのが、現状である。そこで、各種コンピュータを同じ土俵で評価するための共通のスケールについて考察し、本学情報処理教育センター内のコンピュータを中心に、各種コンピュータを比較し将来を展望するのが本報告の主旨である。

(汎用コンピュータの上位機種であるスーパーコンピュータは、産業分野でも教育研究分野でも特別な地位を現在持っているが今回の対象には含まない。)

第2章 コンピュータの評価法

コンピュータの諸能力について、共通のスケールを設定し、これに基づいて評価することは、コンピュータのあり方についての将来を見通す上で、ユーザサイドにとっても開発サイドにとっても有用であると考ええる。

ここでまず、評価法を考える前に現状で3種のコンピュータ（汎用コンピュータ（HC）、ワークステーション（WS）およびパーソナルコンピュータ（PC））を区別する質的要素について表1にまとめておく。質的という意味は構成要素や機能のことで、定量的評価の可能な性能の違いを含まない。

この表で、3種のコンピュータを区別している質的要素の数は、本質的にはわずかであることがわかる。（その他、設置面積、導入コストなどに歴然とした違いがあるが、一応本質的要素とは考えなかった。）

HCのプロセッサは、回路方式ECL型のマルチチッププロセッサであり、WSやPCの、

表1 コンピュータの主な質的違い

	プロセッサ	主メモリ管理方式	操作情報表示
H C	マルチチップ プロセッサ (E C L型)	仮想メモリ	テキスト表示
W S	マイクロ プロセッサ (R I S C型)	仮想メモリ	グラフィックス ウィンドウ表示
P C	マイクロ プロセッサ (C I S C型)	実メモリ	テキスト表示 (ウィンドウ表示可)

T T L型のマイクロプロセッサと論理を異にするものである。主メモリ管理方式は、オペレーティングシステムの機能に主に依存し、H CではM S Pなどマルチユーザ対応に実績を持つオペレーティングシステムが、またW SではU N I X、P CではM S - D O Sなどが現在使い分けられているが、U N I XはH Cにも適用されており（富士通U X P / Mなど）、W Sだけを質的に特徴づける要素とはいえない。

さて共通のスケールとして第1に掲げられるのは、処理スピードに関わるコンピュータパワーである。これは、主としてプロセッサの性能と主メモリの容量に依存している。

T S S（時分割方式）により複数ユーザが端末から同時にアクセスするような教育用途においては、処理スピードは、大きな影響を持ち、また現象のシミュレーションなど計算時間を要するプログラムの実行処理においては、処理スピードができるだけ速いことが好ましい。

第2のスケールは、ユーザインターフェースである。

これは、ユーザとコンピュータを仲介する環境であり、ハードとソフトの両機能を含んでいる。コンピュータを起動してから、目的のソフトウェアの実行に到るまでの手順の容易さや馴染み易さを意味すると考えてよいだろう。パソコンやワークステーションでは、個人使用の歴史が長く、出現当初からC R Tモニターを装備していることも要因となってウィンドウシステム等による直感に訴える操作環境が比較的早く開発された。

プログラムの学習や開発の際に使用するソフトである搭載エディターの使いやすさも、このスケールでの評価の対象となるだろう。コンピュータの使いやすさは、ブラックボックス化や透明性を意味すると一応考えるが、工夫の積み重ねによって実用化された道具を、なんの工夫も要せず使用することが教育的で創造的であるかどうか筆者には疑問がある。利便性は、創造性と矛盾するのではないか。技術革新の方向と内容は、今や見直されなければならないのかそれとも、技術革新という無常は価値観の転回によって乗り越えなければならないのか、別の機会に論じたい。

第3のスケールは、保守・拡張性である。

ユーザサイドではトラブルシューティングやメモリー増設、周辺装置接続などの拡張が容易に行えることは技術革新の時代の教育研究用コンピュータの要件である。

拡張性については、オペレーティングシステムの設計思想にも依存するが、機能や性能のグレードに応じて異なる機種を対応させるか、オプションの積み重ねで、段階的にグレードアップを可能にするかというメーカーの開発戦略にもよるものである。

ネットワークへの適応性も広い意味の拡張性であり、このスケールによる評価の対象である。ただし、現時点でのネットワークの主な意義付けは、3種のコンピュータシステムで異なっている。HCの場合は集中管理、WSの場合は資源の共有またPCの場合は電子メールがそれぞれのシステムでのネットワークの主たる役割である。従って適応性についても共通に扱うわけには行かないが、将来の統合情報ネットワークを考慮した場合をここでは考える。情報ネットワークについても、先述の文化論的議論が必要である。求めようと努力しないでも得られる情報伝達のあり方が、教育的創造的であるかどうか綿密な議論を要する。

また、システムがサポートする言語ソフト、応用ソフトなどの充実の度合いも広い意味でこのスケールの一要素と考えられる。例えば、COBOLは実用的には現在までHCでのみサポートされてきた。しかし、ソフトウェアニーズへのメーカー対応はハードウェア以上にそのレスポンスが速く、現在充実の度合いに差があるとしてもそれは一時的要素とも考えられる。（最近、WS上でCOBOLをサポートするシステムも現れた。）

このスケールには、ユーザにとってシステムが理解しやすいかどうかも1要素として含まれると考えてよいだろう。ユーザにとって理解しやすいシステムは、その保守性も拡張性も潜在的に高いと考えられる。UNIXや、MS-DOSなどのオペレーティングシステムは、情報の階層性を重視しておりシステムの構成が簡潔で比較的理解しやすい。（UNIXの場合は供給側によるシステムの公開性が高いこともこれに寄与している。）理解しやすさは、存在や内容を意識しなくても使えるいわゆる透明性とはうらはらに、理解しなければ使いこなせないというネガティブな側面も持っている。

一方、MSPなど集中システムのオペレーティングシステムは、平面的一括管理型であるためシステムの構造が人間には複雑に感じられるが、この判断にはなお議論を要する。ただ、汎用をめざして発展してきたために教育研究用の用途に限ってみれば必要以上にシステムが巨大であるといえよう。

以上、コンピュータを評価する3つの共通スケールを設定した。次に実際のコンピュータにこれらのスケールを適用し、比較評価を試みる。

第3章 コンピュータの比較

前章で述べた3種の評価スケールに基づいて、各種コンピュータの比較を試みる。

比較の対象としては、本学情報処理教育センターにあらたに導入された、HC, WS, PC

表2 コンピュータパワーの比較

	H C	W S	P C	M—P C
主メモリ (MB)	32 (256)	8 (32)	2	8
補助メモリ	7.5 G B	150MB	(40MB)	(80MB)
計算時間 (秒)	20	60	2000 (500)*	600

* 高速演算プロセッサ付き

図2 モンテカルロシミュレーション FORTAN プログラムの一部

```

010200 REAL*4 H1, H2, A, SS, R
010300 DIMENSION A(10000)
010400 REAL*4 DELTH, KT
010410 DATA IX/0/
010500 C
010600 CALL RANU2(IX, A, 10000, ICON)
010700 DO 100 COUNT=1, L*L
010800 CC=4*COUNT
010900 C ****SELECT RANDOM POSITION & ORIENTATION ****
011000 X=A(CC-3)*L+1.0
011100 Y=A(CC-2)*L+1.0
011200 R=A(CC-1)
011300 ORIENT=A(CC)*6.0
011400 IF (KOU(X, Y) .EQ. ORIENT) THEN
011500 GO TO 100
011600 END IF
011700 C
011800 C ****SET SPIN ORIENTATION OF NEAREST NEIGHBOUR TO ARRAY****
011900 S(1)=KOU(X, Y+1)
012000 S(2)=KOU(X, Y-1)
012100 S(3)=KOU(X+1, Y-1)
012200 S(4)=KOU(X+1, Y)

```

及び拡張仕様のP Cを Macintosh (M—P C) の例でこれに加えた。

まず、コンピュータパワーについての比較を表2に示す。

主メモリの容量は、それぞれ上記の実例であるが一般に採用されている実績範囲を()で示した。P CとM—P Cの補助メモリについては、内蔵メモリではあるがH CやW Sの場合とは機能が異なるので()で示した。計算速度の値は、筆者らが物性研究で用いているモンテカルロシミュレーションのプログラムによる実測値に基づいている。H Cについては図2に示すFORTRANで作成したプログラムを用い、他は同じ内容のC言語プログラムを用いた。図中のRANU2は、一様乱数を発生するライブラリ(SSLII)プログラムである。モンテカルロステップは500回で、計算時間の有効数字2桁以下は四捨五入した。(実際のシミュレーションでは、20000回以上)

表3 ユーザインターフェースの比較

	ステップ数	キーボード外 入力回数	エディター機能
H C	4	0	8
W S	7	4	9
P C	4	0	6
M—P C	3	3	4

コンピュータパワーでは、現在のところある程度の棲み分けが可能であることがわかるがH CとW Sの接近は急速である。

次に第2のスケールの適用を考える。ユーザーインターフェースの定量的評価法として、開発中の特定プログラムをエディターのもとに呼び出すまでのステップ数を考える。

表3に評価結果を示す。ここでは、T S Sへのアクセス開始のためのステップはカウントしないものとする。また各ステップは必要な入力の項目に対応しキーボードの押下や、マウスのクリックのいちいちには対応しない。これらの入力のうち、マウスで済ませる回数（ウィンドウシステムのグラフィック表示で直感的入力可能）も使いやすさの目安と一応考えた。またエディターの使いやすさの評価法として、同一スクリーン画面上で、2つのプログラム間の移植操作を行うに必要なステップ数をカウントした。

入力ステップ数で見ると、コンピュータ間に大きな使いやすさの差異はなくH Cも比較的操作は容易といえるが、（マウス入力／ステップ数）には差があり、ウィンドウシステムを有効に採用しているW SやM—P Cが差別的特徴を持ち、これがユーザフレンドリな印象に寄与しているものと考えられる。

第3にシステムの保守・拡張性について比較する。いわゆる日常保守やトラブルシューティングに関しては、メーカーやディストリビュータのサービス体制に依存するところが大きく公平な定量的比較は難しい。そこで表4のような、やや感覚的評価にとどまった。

保守性の評価としては、トラブルが発生したときの原因究明の容易さを目安として取り上げた。これには、自己診断機構などのソフトウェア装備の有無も関係してくるだろう。

分散システムは、一部の故障がシステム全体に影響しないという集中システムにないメリッ

表4 保守・拡張性の比較

	トラブル 原因究明	メモリ増設	ネットワーク 構築	理解しやすさ	ソフトウェア 対応
H C	やや困難	やや困難	異システムとは やや困難	困難	充実
W S	比較的容易	比較的容易	容易	やや困難	やや充実
P C	容易	容易	やや困難	容易	充実
M—P C	容易	容易	容易	容易	充実

トがあるが、これはコンピュータ自体に依存する性質ではないので除外した。

拡張性の要素としては、メモリ増設の容易さを取り上げた。これもサービス体制に依存するところが大きく公正な比較は困難であるが、一応ユーザーサイドで対応できる度合いが高いほど容易であると考えた。その他、前述のとおりネットワーク性、理解しやすさ、応用ソフトの充実をこのスケールの要素として比較した。

ソフトに関しては、歴史の古いものほどまたマーケットシェアの大きなコンピュータほど、充実していると考えられる。内外の多数のソフト会社が競って応用ソフトを供給しているPCの場合や、多くのユーザの提案などによって着実に充実してきているHCのFORTRAN用ライブラリなどがこれに該当する。一方では、M-PCの場合のようにトータルシステム志向によって設計され、オペレーティングシステムの守備範囲が広くソフトウェアがハードと一体化した形で充実している場合もある。

第4章 まとめと展望

コンピュータパワー、ユーザインターフェース及び保守・拡張性の3つの共通のスケールを設定し、汎用コンピュータ、ワークステーション、パーソナルコンピュータの比較を試みた。コンピュータパワー、ユーザインターフェースに関しては3者の接近は急であるが、一応コンピュータパワーではHC、WS、PCの順で有利であり、ユーザインターフェースでは、WS、PC、HCの順といえよう。後者では、M-PCが最もユーザフレンドリとなるが余りに操作が容易なため教育的でないという評価も考えられる。

保守・拡張性に関しては、要素毎にかなり明瞭な差異がありどの要素に重点を置くかによって評価は分かれることになる。しかし、ユーザサイドでは、最も興味のあるスケールであり今後ユーザがどの要素に重点を置くかによってシステム開発の内容も左右される。

また、ネットワークの目的やあり方については今回厳密な比較は出来なかったが、3者のそれぞれで一貫した設計思想の確立がシステム各部の性能の進歩に追いついていないように思われる。どういう情報を、どんな目的でどんな風に伝達するかを、ユーザがイニシアティブを持って考究すべきときである。

CAI（コンピュータ支援教育）の意義を含めてネットワークについての十分な思索がユーザサイドで必要である。その過程でシステムとしてHCを中心とした集中システムか、WS、PCによる分散システムかの、どのシステムの将来像が適正であるかが問われるところである。

教育研究用コンピュータシステムの発展方向としては、大型HCに高機能端末を装備した集中分散兼用システムのものと、WSや拡張PCのネットワークによる分散システムのものの2種類の道が継続されて行くだろう。この際オペレーティングシステムとしては、UNIXに現在HCのオペレーティングシステムで採用されているマルチユーザ管理機能等を付加したシステムがいずれの発展方向でも有用である。

現在、UNIXがもてはやされつつあるが、大型HC用のオペレーティングシステムが築いてきた種々のコンセプトは、なんらかの形で受け継がれなければならない。

分散システムはネットワーク形態として、ホストWSに何台かの端末用WSがつながったグループが複数集まってネットワークを組むツリー型や、複数の高機能パソコンのリング型ネットワークが今後も採用され、マルチメディア対応などのユーザインターフェースと保守・拡張性のメリットで、シェアを拡大するだろう。これに対しコンピュータパワーにメリットを持つHC集中システムでは、コストパフォーマンスの劇的改善によって（スーパーコンピュータのコストダウン）分散システムとの競合関係を保持して行くことが期待される。

近い将来、ノートブック型コンピュータがより軽量化され高性能化されて（超小型ハードディスクが実用化されつつある）、学生や研究者が自己の創造性開発のツールとしてこれを持ち歩くようになれば、教育現場は大きな変化を余儀なくされるだろう。（この場合のホストシステムが大型HCを中心とした集中システムとなるべきか、複数WSによる分散システムとなるべきか現時点での判断は難しい。）けれども同時に、情報の内容が情報のキャリアにその地位を奪われないために、人々が払うべき努力とその責任は、絶大である。

（高度情報化社会をむかえ、世の中の動向としては利便性やファッションに重点が置かれているように思われる。情報化といえども、単に技術的成果を享受するだけでなく、その本質を見定めてその発展の方向について一個人としての見識を持つことが要請されている。）

第5章 謝 辞

教育研究用コンピュータシステムのあり方については、本学情報処理教育センター長の村井友和先生、富士通株式会社の久米川俊英氏、ディ・エス・スキャナ株式会社の細木康弘氏から貴重なディスカッションを日頃頂いており本報告で参考にさせて頂いた、深く謝意を表します。

第6章 文 献

平成3年度第5回私情協大会資料

飯塚 肇等、『RISCはCISCに勝るか』情報処理学会誌 VOL 30, NO 11, 1989, pp. 1376-1394.

金田悠紀夫、『マイクロプロセッサとRISC』オーム社、1991年。

石井威望、『メカトロニクス』岩波講座マイクロエレクトロニクス、1985年。

Alan. C. Kay, "Computers, Networks and Education", *Scientific American*, special issue, September 1991, pp. 100-107.

樋口光男, 「インテリジェントキャンパスの構築」, *FUJITSU*, 42, 5, 1991, pp 466-476.